

三元旋流燃烧室温度场的实验研究

西北工业大学 朱慧龄 唐明 严传俊

一、实验装置

实验用模型燃烧室是轴对称带旋流器和一排主燃孔的燃烧室(图1), 不带冷却孔和掺混乱, 这种简化燃烧室流场仅受一次进气与二次进气的影响, 其中旋流器沿用一种航机的, 叶片数为12, 扭角为42度, 火焰筒壁上均匀分布六个二次进气孔。一次气和二次气分别由两条

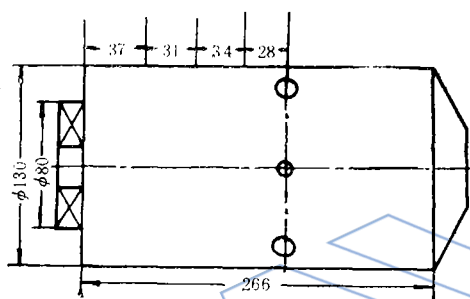


图1 试验件示意图

管道输送, 以保证它们能分别控制及测量, 在燃烧室头部设四排测量孔, 可以在1、2、3、4、四个截面上测量温度分布。试验采用的燃料喷嘴, 为使燃料喷射比较均匀, 沿径向分布了40个直径为0.8毫米的小孔其喷射角为45°。

燃料流量的测量用转子流量计; 空气流量由孔板测量, 温度由钨铼热电偶和镍铬—镍铝热电偶测量, 用自动记录仪记录。热电偶在500°~1100℃时用二级标准温度计进行校正, 其误差不大于15℃。

二、试验结果及分析

本实验测量了四个截面的温度分布, 考虑到燃烧室的对称性, 各截面仅测量了从中心到壁面等距的十四个点的温度, 测出了几种不同一次气与二次气流量状态下的不同余气系数时各截面沿径向的温度分布, 作为极限情况, 还测量了没有二次气流时的温度分布。

状态	一次气与二次 流量比	一次气余气系数	总余气系数
0	无二次气	27.2~74.8	27.2~74.8
1	1.25~1.29	12.9~70.7	23.2~126.4
2	1.60~1.61	16.2~32.2	26.3~52.4
3	1.00~1.07	17.5~26.1	33.8~50.4
4	1.35~1.36	21.1~52.6	36.7~91.8

为了便于计算分析, 试验采用乙炔气为燃料, 按其化学成份可算出其理论空气量为13.26公斤空气/公斤燃料; 化学恰当油气比为0.0754。右表列出了各试验状态的参数。

用高温热电偶测量了燃烧室头部三元旋流转回流流动的温度分布, 得到以下规律:

1. 没有二次气时, 燃孔不供气, 各截面上的温度最大值在燃烧室中心线上, 且沿

径向很快下降。在同一截面上温度梯度随油气比减小而增加; 在同一油气比下沿着截面位置后移温度梯度逐渐变小, 趋于均匀化(图2)。

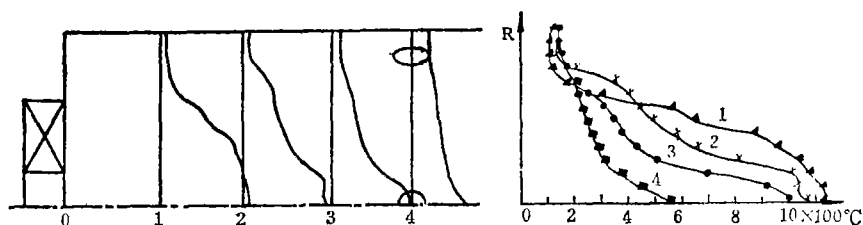


图 2 主燃孔不进气、余气系数为27.2的温度分布

2. 由主燃孔导入二次气流, 各截面温度分布起了很大的变化, 使各状态在Ⅲ、Ⅳ截面处形成明显的环形高温区, 环的宽度和环的直径随流量比 G_K 、余气系数和截面位置而变化(图3)。

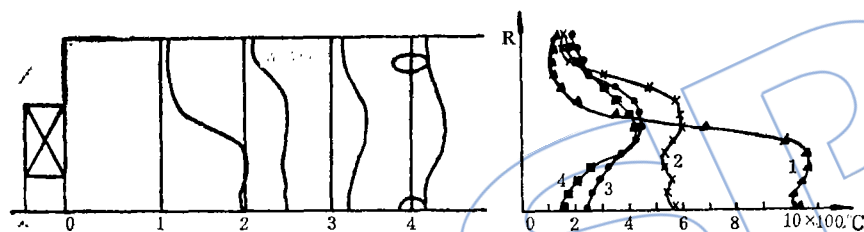


图 3 流量比为1.291、余气系数为23.2的温度分布

3. G_K 的大小, 对各截面的径向温度分布起决定作用, 当 $G_K = 1$ 时, 在第一截面就使中心线高温点消除, 形成一定宽度的环形高温区, 随着主燃孔流量的减少, 中心线上出现高温区的截面数增加, $G_K = 1.6$, 截面1、2、3、上都存在中心线高温区, 只有截面4上中心高温点才消除, 形成较均匀的温度分布。

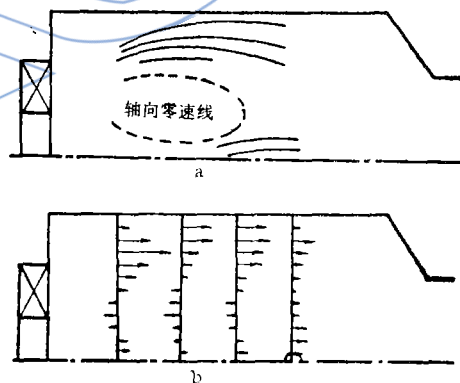
4. 在同一流量比时, 随着余气系数的减小, 在同一截面上温度梯度增加, 温度不均匀度增加, 火焰面变宽、拉长。

5. 由所测温度可画出各状态的等温线,

图4为一典型的等温线图, 与冷态时所测的速度分布对照, 可看出等温线在回流区以外向燃烧室壁面和出口处温度逐渐下降, 见图2所示。

6. 靠近燃烧室壁面处温度很低, 即使在燃烧区最高温度达1300℃左右时, 紧贴壁面的气流温度仅在120℃左右, 而且变化不大, 基本上与中心温度成比例的减少。

实验证明, 旋流器出口环形旋转射流产生的涡圈和回流区可以控制火焰的形状、尺寸、放热强度, 燃烧效率及稳定性。当然燃料的混合也起一定作用, 因为本实验采用气体燃料, 相对影响少一些。主燃孔的二次进气量与旋流器一次进气量必须协调配合, 才能得到满意的燃烧性能。旋转射流的规模, 强弱起主导作用, 不同工况下出现中心高温区就是旋转射流产生涡束的结果。强烈的旋转在旋转射流的中心区出现回流区, 由于二次射流束的作用, 使回

图 4 等温线图(a)与冷态速度图(b)的对比($G_K = 0.126$)

流区直径增加,长度减少。在回流区的作用下,炽热的燃烧产物,回到回流区,加速了空气与燃料的化学反应,燃烧反应使回流区周围形成明显的扩散火焰。

采用气体燃料,燃料从喷嘴喷出后很快与空气混合进行燃烧,使火焰面离燃烧室壁面有一定的距离,不可能像液体燃料那样出现火焰碰壁现象;同时这模型燃烧室头部,除主燃孔外,不存在进气孔和冷却孔,由旋流器形成的旋转流动,不会像真实燃烧室那样有所干扰,所以使燃烧室壁面周围充满了冷空气,这冷空气起着良好的冷却作用,故燃烧室壁面温度较低。各种工况下壁面温度沿轴向变化不大,且成比例的下降。

主燃孔二次气流形成气柱射流,一方面阻止着旋流器下游气流的旋转,同时压迫影响了回流区,部分二次气流与旋转气流掺混并进入回流区,从而强化了燃烧,使燃烧区温度大为提高,在同样油气比下,同一截面上平均温度可提高近一倍。流量比 G_K 的减少,即主燃孔二次进气的加强,使其掺混深度增大、回流量加大,中心热核心消除,出口截面温度分布趋于均匀。但 G_K 下降太大又会使回流区温度下降,而使各截面平均温度下降。本实验研究由于高温热电偶不宜测量 1200°C 以上的温度,测太高的温度热电偶极易损坏,且难以校正,所以各试验状态的余气系数偏大,但在各种工况下测得的温度场与相应冷态时用五孔针所测的速度场共同分析而得到以上规律性的趋势具有参考价值。

三、结 论

1. 所测燃烧室头部的温度分布,反映了旋流燃烧室一次气与二次气相互作用下的温度场的分布规律。当主燃孔不进气时,各截面高温区集中在中心线处,温度梯度较大,主燃孔二次气流的引入,形成了环形高温区,使燃烧室截面温度趋向均匀。
2. 从温度分布规律可看出一次气与二次气流量比的变化,直接影响回流区的形状,大小和回流量,当流量比在 $1.25\sim 1.60$ 情况下出现环形回流区与文献〔1〕所测速度均相符合。
3. 本文所测得的温度分布规律,对燃气轮机燃烧室设计和改型工作有参考价值。

参 考 文 献

- 〔1〕 唐明、朱慧龄、严传俊等,“模型燃烧室中三元旋流场的实验研究”,高等学校工程热物理学术会议论文,1986,10。

(责任编辑 王华芳)

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON TEMPERATURE FIELDS IN THREE-DIMENSIONAL SWIRLING COMBUSTOR

Zhu Huiling, Tang Ming, Yan Chuanjun
(*Northwestern Polytechnical University*)

Abstract

This paper introduces the experimental results of temperature fields in a model combustor with a swirler and primary holes. Acetylene is used as gaseous fuel. Under several steady conditions the temperature distributions in primary combustion zone are measured by a pyrometer. The experimental results reveal the effects of air-fuel ratio, primary holes and secondary holes on the temperature distributions in the combustor.

PROBLEM OF FILTER POSITION IN THE PREDICTION OF MAXIMUM INSTANTANEOUS DISTORTION

Liang Dewang and Zhang Shiyong
(*Nanjing Aeronautical Institute*)

Abstract

Fluctuating pressure filtering in Motycka method of predicting maximum instantaneous distortion is modified by instantaneous distortion filtering. Comparison and analysis of the statistical properties of the instantaneous distortion and its maximum value with different filtering position are carried out. Relationships between the results obtained by the mentioned methods are established. It is shown that fluctuating pressure filtering in Motycka method can be modified by instantaneous distortion filtering to predict the maximum instantaneous distortion values and computing time can be greatly reduced.

AN IMPROVED METHOD FOR PREDICTION OF MAXIMUM TOTAL PRESSURE DISTORTION

Liu Sheng, Bao Yun, Chen Fuqun
(*Northwestern Polytechnical University*)

Abstract

Jacocks' method has been improved by deriving a difference correction matrix of second derivatives for Gauss-Newton iteration method. The numerical tests justify that the improved method enables the calculation to converge more rapidly and reduces the CPU time. The combination of the distortion prediction described in reference[4] with Jacocks' method avoids the necessity of experimental extreme